



## **RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PROVE DI CARICO PONTI IN C.A.P. A 3 TRAVI**

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSE .....</b>	<b>4</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2	OBIETTIVO .....	5
<b>2</b>	<b>SCHEMI DI CARICO .....</b>	<b>6</b>
2.1	MEZZI UTILIZZATI .....	6
2.2	FASE 1 .....	7
2.3	FASE 2 .....	7
2.4	FASE 3 .....	8
2.5	DISPOSIZIONE DEI PUNTI DI MISURA.....	9
2.6	PROGRAMMA DI CARICO E MODALITÀ DI LETTURA.....	9
<b>3</b>	<b>MODELLAZIONE .....</b>	<b>10</b>
3.1	INFORMAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO .....	10
3.2	ANALISI FEM.....	10
<b>4</b>	<b>SOLLECITAZIONI NELLA FASE DI PROGETTO .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>SOLLECITAZIONI IN FASE DI PROVA DI CARICO .....</b>	<b>13</b>
5.1	FASE 2 .....	13
5.2	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI.....	13
<b>6</b>	<b>SPOSTAMENTI IN FASE DI PROVA DI CARICO .....</b>	<b>14</b>
6.1	FASE 2 .....	14

## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – Inquadramento dell'intervento .....	4
<b>Figura 2</b> – Profilo longitudinale .....	4
<b>Figura 3</b> – Sezione trasversale .....	5
<b>Figura 4</b> – Schema autocarro per la prova di carico.....	6
<b>Figura 5</b> – Schema di carico nella Fase 2 – sezioni .....	7
<b>Figura 6</b> – Schema di carico nella Fase 2 – pianta .....	8
<b>Figura 7</b> – Pianta posizionamento dei punti di lettura.....	9
<b>Figura 8</b> – Modellazione, Vista 3d .....	11
<b>Figura 9</b> – Modellazione campata con numerazione frame (vista in pianta) .....	11
<b>Figura 10</b> – Modellazione campata con numerazione joint (vista in pianta).....	11
<b>Figura 11</b> – Sollecitazioni flettenti indotte dalla prova di carico per la fase 2 .....	13
<b>Figura 12</b> – Configurazione deformata in Fase 2 .....	14

# 1 PREMESSE

## 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle prove di carico effettuate su uno dei ponti in c.a.p. a tre travi che sormontano il canale Milano – Cremona – Po, in corrispondenza degli abitati di Acquanegra Cremonese (CR) e di Crotta d'Adda (CR).

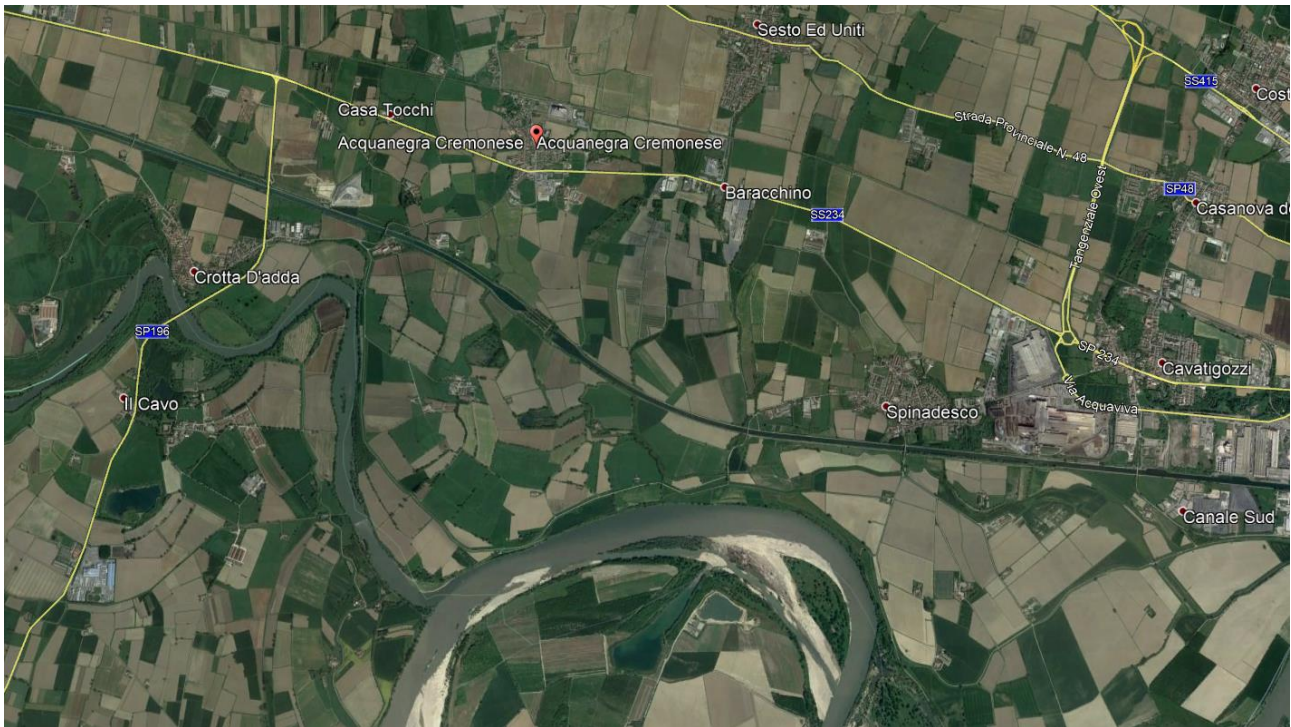


Figura 1 – Inquadramento dell'intervento

Il ponte in oggetto è composto da tre campate, di cui quelle laterali presentano una luce netta misurata in asse delle sottostrutture pari a 17,50 m, con uno sbalzo verso la campata centrale di 5,40 m che termina nella zona di sella. La campata centrale risulta semplicemente appoggiata in corrispondenza delle selle ed ha una lunghezza pari a 28,40 m.

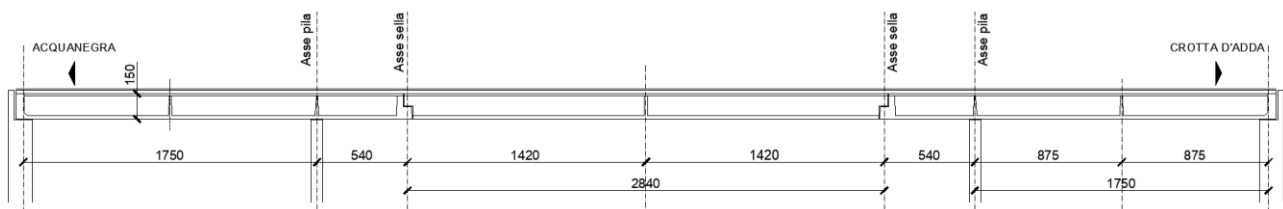
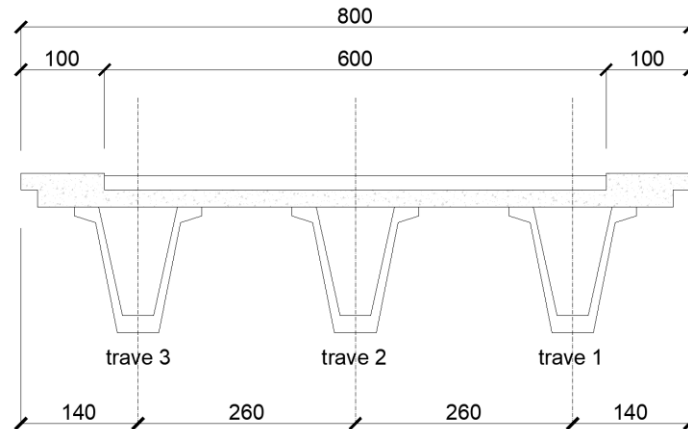


Figura 2 – Profilo longitudinale

La sezione trasversale presenta una larghezza pari a 8,00 m, suddivisa in 6,00 m di sede stradale e due marciapiedi laterali di larghezza pari a 1,00 m.



**Figura 3** – Sezione trasversale

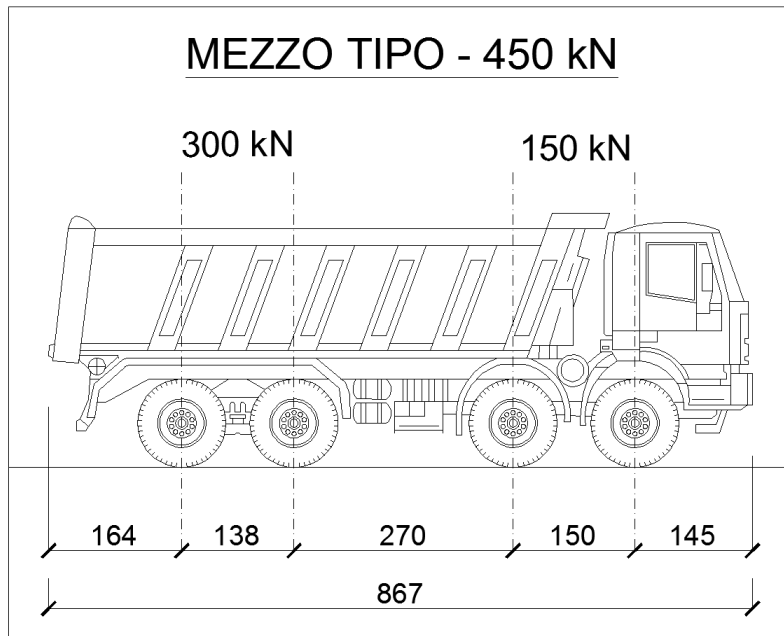
## 1.2 OBIETTIVO

Scopo della presente relazione è quella di individuare numero e posizione dei mezzi che inducono nell'impalcato delle sollecitazioni confrontabili con quelle previste in progetto, relativamente ai carichi accidentali.

## 2 SCHEMI DI CARICO

### 2.1 MEZZI UTILIZZATI

Il mezzo utilizzato è rappresentato nella seguente figura.



**Figura 4** – Schema autocarro per la prova di carico

Le caratteristiche del carico sono:

- Larghezza di ingombro: 2,50 m
- Lunghezza di ingombro: 8,67 m
- Peso a pieno carico: 450 kN
- Peso su mediana A (posteriore): 300 kN
- Peso su mediana B (anteriore) 150 kN

## 2.2 FASE 1

In questa fase si prevede la lettura iniziale dell'opera scarica (lettura di zero).

## 2.3 FASE 2

In questa fase si prevede la prova di carico della campata centrale. Essa viene caricata trasversalmente disponendo due autocarri sulla parte più esterna della carreggiata, a 0,50 m dal cordolo di destra percorrendo il ponte in direzione Crotta d'Adda. Essi si collocano ad una distanza longitudinale di 1,00 m l'uno dall'altro e sono disposti in modo tale da massimizzare il momento flettente in mezzeria della campata. I mezzi sono caricati con il massimo carico applicabile, ossia **450 kN**, per un totale di **900 kN** presenti sull'impalcato.

Di seguito si riporta lo schema considerato:

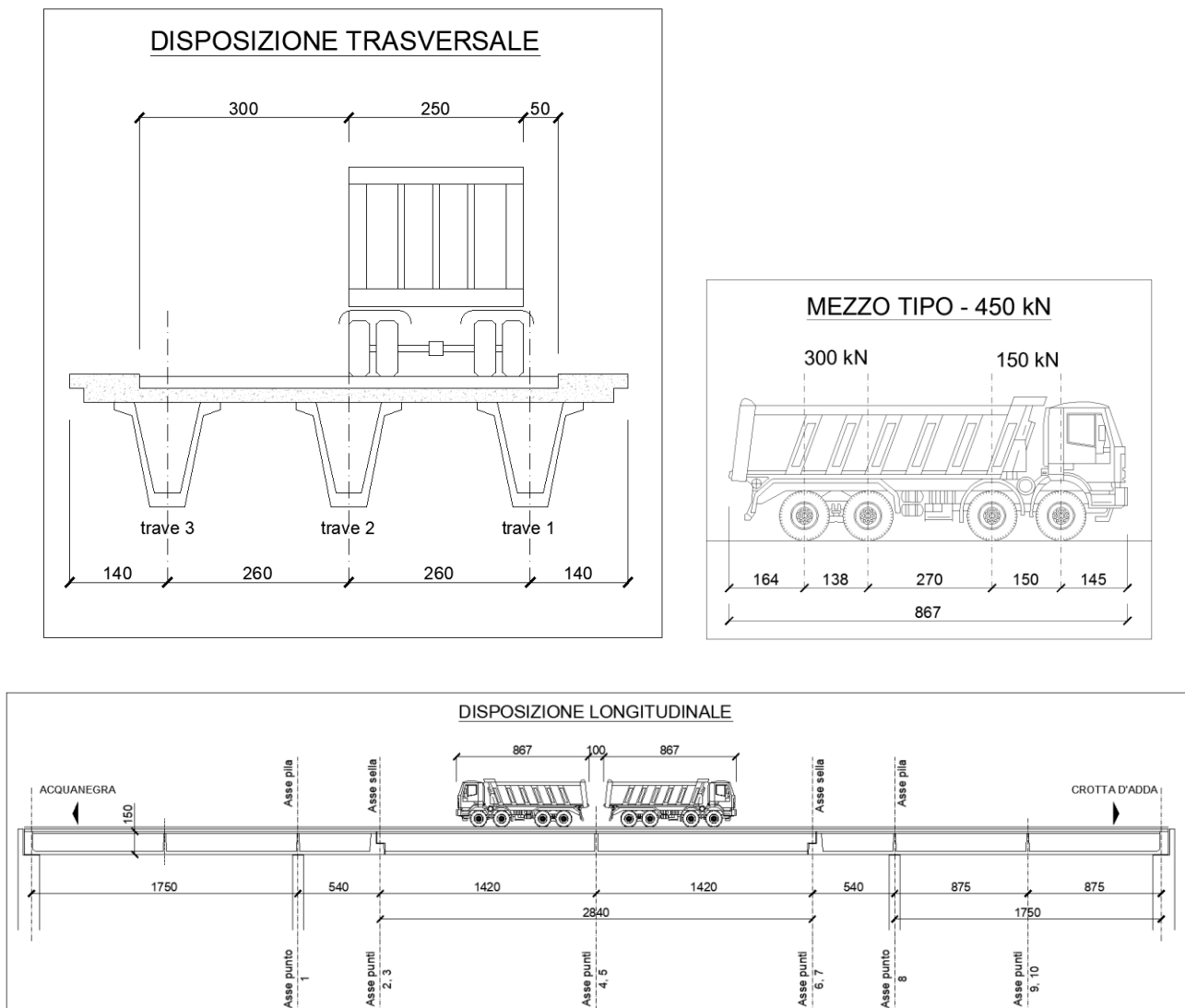


Figura 5 – Schema di carico nella Fase 2 – sezioni





## 2.5 DISPOSIZIONE DEI PUNTI DI MISURA

Si prevede la misurazione degli spostamenti su un totale di 10 punti di misura:

- UN punto di lettura posizionato in corrispondenza dell'asse della pila lato Acquanegra, trasversalmente collocato in mezzzeria del cordolo destro (stesso lato dove sono presenti i mezzi). Punto di lettura n. 1.
- DUE punti di lettura posizionati in corrispondenza dell'asse della sella lato Acquanegra, trasversalmente collocati in corrispondenza dei marciapiedi e distanti tra loro 700 cm. Punti di lettura n. 2, 3.
- DUE punti di lettura posizionati in mezzzeria della campata centrale, trasversalmente collocati in corrispondenza dei marciapiedi e distanti tra loro 700 cm. Punti di lettura n. 4, 5.
- DUE punti di lettura posizionati in corrispondenza dell'asse della sella lato Crotta d'Adda, trasversalmente collocati in corrispondenza dei marciapiedi e distanti tra loro 700 cm. Punti di lettura n. 6, 7.
- UN punto di lettura posizionato in corrispondenza dell'asse della pila lato Crotta d'Adda, trasversalmente collocato in mezzzeria del cordolo sinistro (lato opposto a quello dove sono presenti i mezzi). Punto di lettura n. 8.
- DUE punti di lettura posizionati in mezzzeria della campata di bordo, lato Crotta d'Adda, trasversalmente collocati in corrispondenza dei marciapiedi e distanti tra loro 700 cm. Punti di lettura n. 9, 10.

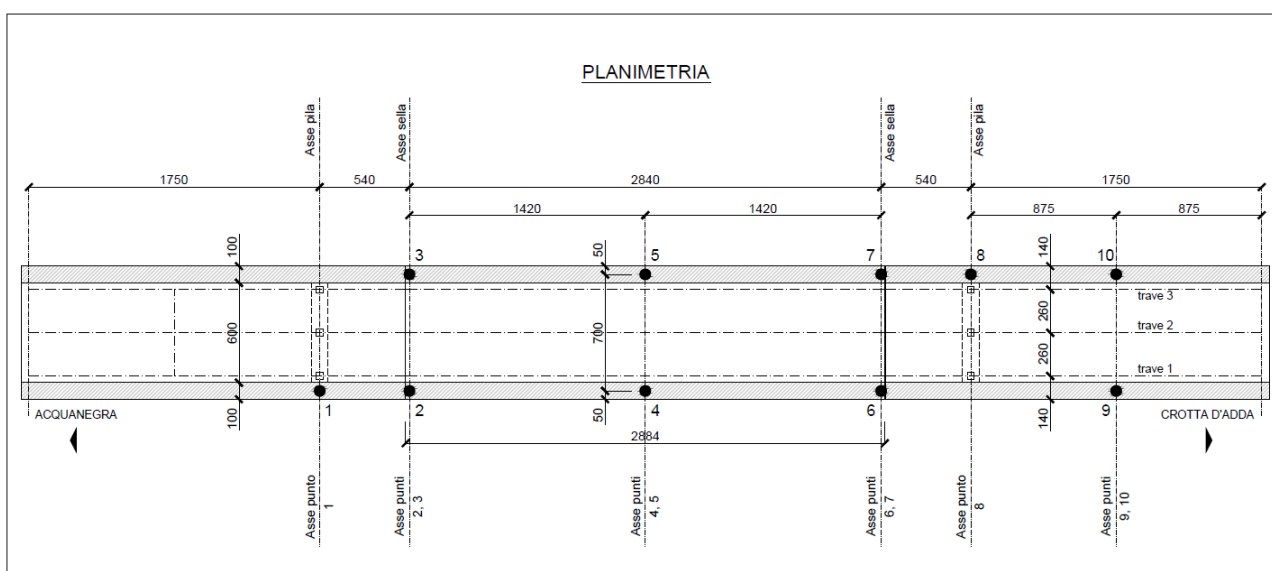


Figura 7 – Pianta posizionamento dei punti di lettura

## 2.6 PROGRAMMA DI CARICO E MODALITÀ DI LETTURA

Gli incrementi di carico e la misurazione delle deformazioni procederanno secondo il programma riportato successivamente, mentre le misurazioni sono da intendersi eseguite come da precedente paragrafo. Il programma risulta essere perciò così strutturato:

- Lettura a ponte scarico (lettura di Zero);
- Posizionamento mezzi in Fase 2 (2 autocarri) per la prova sulla campata centrale;
- Lettura a carico immediato;
- Lettura a 15';
- Lettura a 30';
- Scarico dell'opera allontanando gli autocarri;
- Lettura a scarico immediato;
- Lettura a opera scarica a 15';

### 3 MODELLAZIONE

#### 3.1 INFORMAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO

Lo scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

Inoltre, è stata verificata l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.



Titolo:

Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

Autore: Computers and Structures, Inc. CALIFORNIA  
1646 N. California Blvd., Suite 600 Walnut Creek, CA 94596 USA

Distributore: CSI ITALIA Galleria San Marco 4 - 33170 Pordenone - Italia

Versione: 20

#### 3.2 ANALISI FEM

Viene svolta un'analisi per ogni fase di carico caratterizzata da un modello monodimensionale in cui si studia il comportamento dell'impalcato valutando il momento massimo a seconda della posizione e i conseguenti spostamenti previsti nei punti di misurazione. Il programma agli elementi finiti utilizzato è il codice di calcolo SAP 2000.

Le travi principali sono state modellate come elementi frame.

In seguito è stata effettuata un'analisi elastica lineare applicando all'impalcato i carichi trasmessi dai carichi di prova secondo le disposizioni indicate nei paragrafi precedenti.

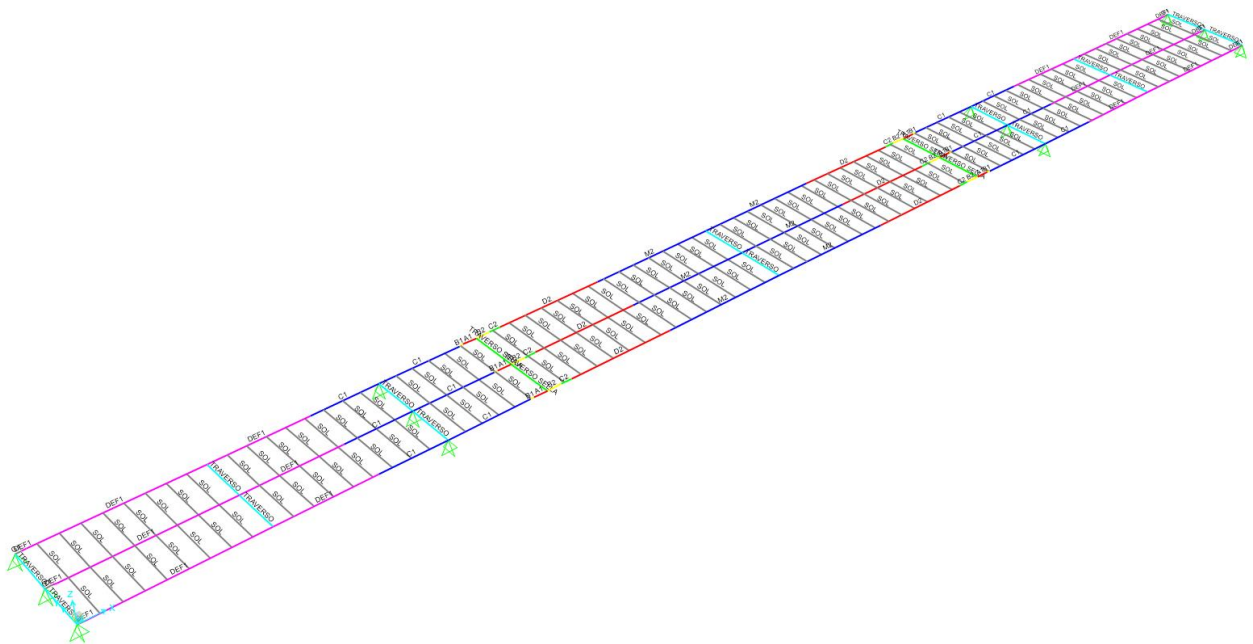


Figura 8 – Modellazione, Vista 3d



Figura 9 – Modellazione campata con numerazione frame (vista in pianta)



Figura 10 – Modellazione campata con numerazione joint (vista in pianta)

## 4 SOLLECITAZIONI NELLA FASE DI PROGETTO

I valori di sollecitazione sono desunti dalla relazione di calcolo All. n. 20, Coll. 362 denominato "Impalcato in c.a.p., Relazione di calcolo", redatto dall'impresa Ing. Lodigiani S.p.A. in data 28/8/1978.

Si riporta di seguito la tabella specifica dove si svolge un riepilogo delle sollecitazioni per ogni sezione.

17

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

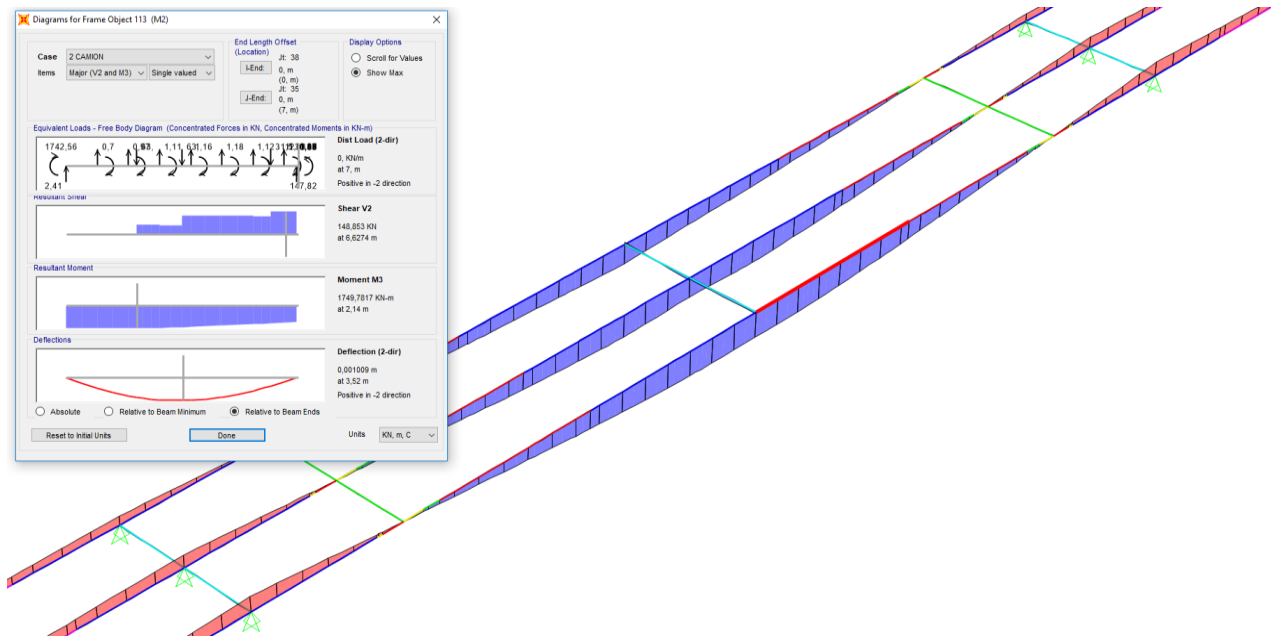
Effetti flettenti

	SEZ. A	SEZ. B	SEZ. C	SEZ. D	SEZ. M
TRAVE	-	11.951	20.047	83.301	110.892
SOLETTA	-	13.654	23.903	99.216	131.066
TRAVERSI	-	252	451	2.387	4.707
PAVIM.	-	6.932	12.136	50.371	66.541
ACCIDENT. IN CAMPATA	-	30.107	52.563	210.676	259.309

## 5 SOLLECITAZIONI IN FASE DI PROVA DI CARICO

### 5.1 FASE 2

Per la Fase 2 il diagramma delle sollecitazioni flettenti indotte dalla prova di carico è:



**Figura 11** – Sollecitazioni flettenti indotte dalla prova di carico per la fase 2

Nel dettaglio il momento flettente massimo in mezzeria durante la fase 2 della prova di carico è pari a:  
 $M = 1.749,70 \text{ kN m}$  (valore inferiore a  $2.593,10 \text{ kN m}$  dichiarato a pagina 17 della relazione di calcolo)

### 5.2 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI

Nella tabella seguente si riporta un riepilogo delle sollecitazioni.

Momenti flettenti	Progetto [kN m]	Prova di carico [kN m]	
Fase 2 - Max	2.593,10	1.749,70	67,5 %

In tutte le fasi il confronto è stato effettuato secondo il valore caratteristico dei soli carichi accidentali, considerando il fatto che durante la prova di carico sono misurate solo le deformazioni causate dalla presenza dei mezzi.

## 6 SPOSTAMENTI IN FASE DI PROVA DI CARICO

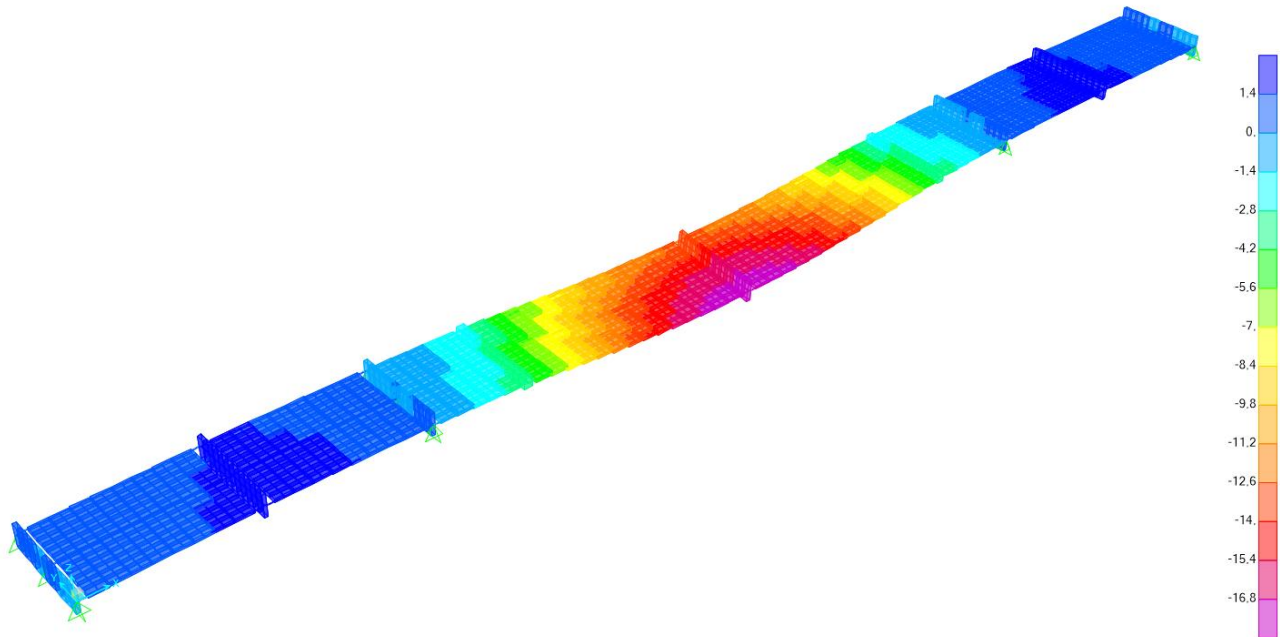
### 6.1 FASE 2

In questa fase lo spostamento massimo ottenuto in corrispondenza del punto di lettura n. 4:

Teorico **18,40 mm**

Effettivo **13,69 mm**

La figura seguente riporta la configurazione deformata in Fase 2. Le tabelle seguenti riportano le frecce previste dal modello di calcolo nei punti di misura (si indicano con il segno positivo gli spostamenti verso l'alto).



**Figura 12** – Configurazione deformata in Fase 2

ABBASSAMENTI		
PUNTI DI LETTURA	CALCOLO(mm)	EFFETTIVI(mm)
1	0,0	-0,29
2	3,7	2,92
3	2,3	0,95
4	18,4	13,69
5	12,0	7,92
6	3,7	3,98
7	2,3	1,90
8	0,0	0,45
9	-1,7	-0,79
10	-1,4	-0,67